

極低濃度ラドン測定システムの開発

名古屋大・工 外間智規

東京大・宇宙線研 竹内康雄、池田一得

岐阜大・情報メディアセンター 田阪茂樹

共同利用研究経費

旅費 18万円

名古屋⇔茂住 2回・3週間の旅費で使用

研究目的

SKタンク内のラドン挙動を研究

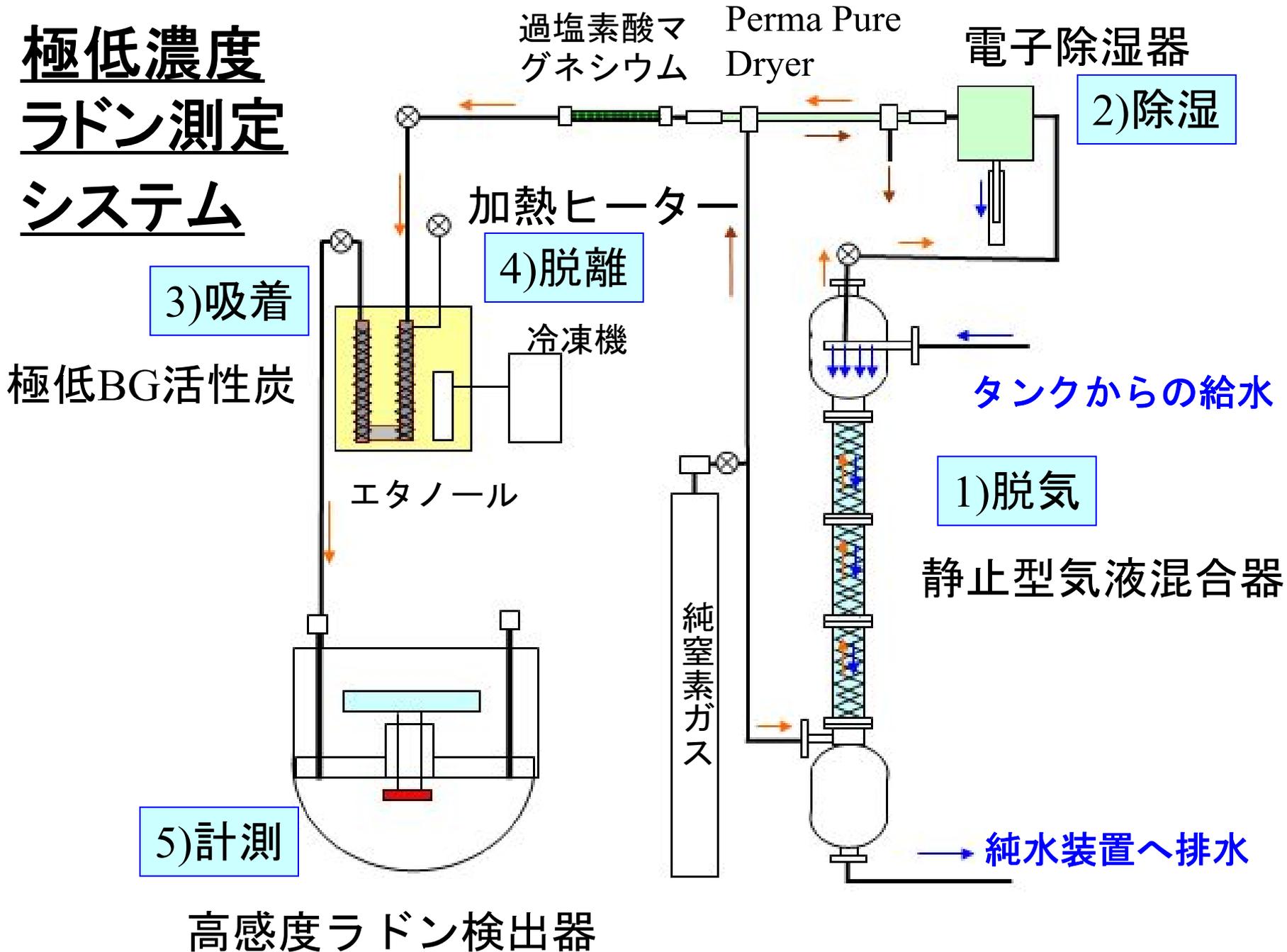
ノ事象バックグラウンドのラドン評価

水中ラドン濃度 $0.1\text{mBq}/\text{m}^3$ 以下の検出方法

ラドン濃度垂直分布測定システム開発

- 1) 脱気 : 純水中ラドンを脱気
- 2) 除湿 : 脱気ガス中に含まれる水分を除湿
- 3) 吸着 : 脱気ガス中のラドンを活性炭に吸着
- 4) 脱離 : 活性炭に吸着したラドンを加熱脱離
- 5) 計測 : ラドンを検出器で測定

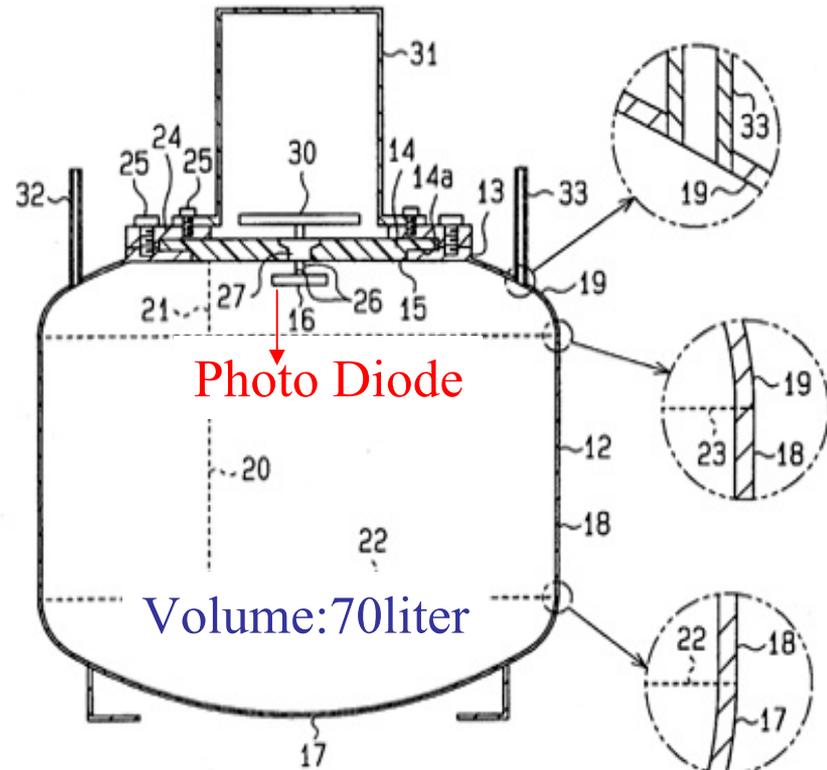
極低濃度 ラドン測定 システム



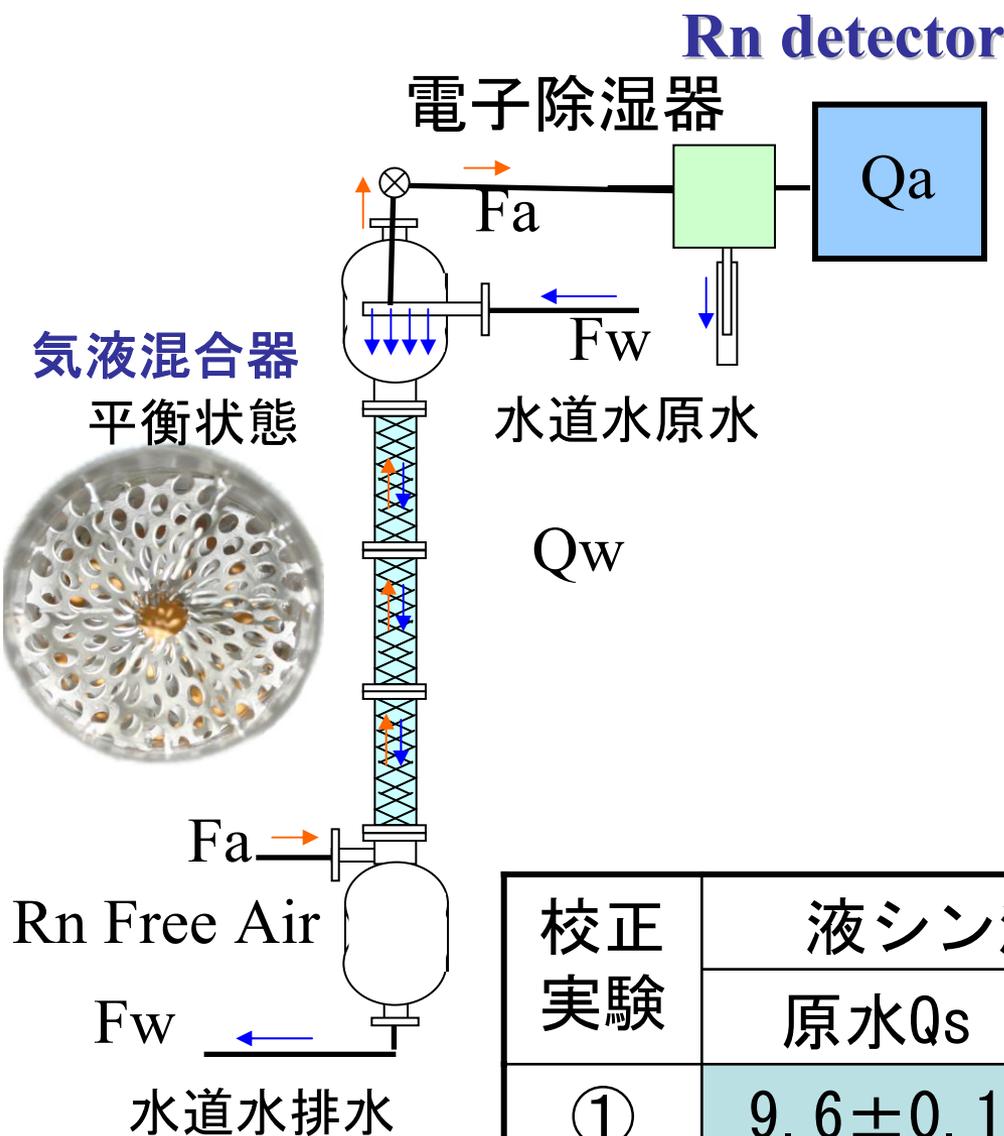
Radon Detector

Characteristics:

- Electrostatic collection of ^{222}Rn daughter nuclei (Po-218, 214)
- Alpha Spectrometry using PIN photodiode
- Electro-Polishing of inside of detector with glassy surface
- Detection limit $6\text{mBq}/\text{m}^3$ in one-day measurement
- Difference of detection 12% between two radon detectors



脱気(気液混合器)



Air流量Fa:1.95 L/分
 水道水流量Fw:2.05 L/分
 溶解度α:0.24
 水温:24.4°C

Qa :検出器Rn濃度
 Qw:水中Rn濃度

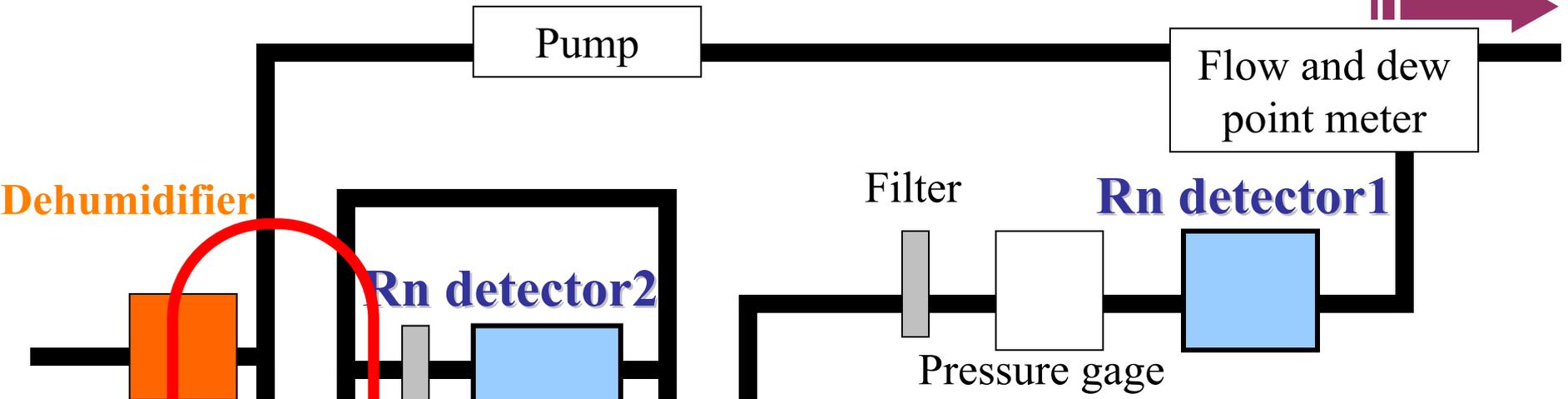
$$Q_w = Q_a(1 + \alpha) \frac{F_a}{F_w}$$

液体シンチレーション法
 Qs:水道水Rn濃度

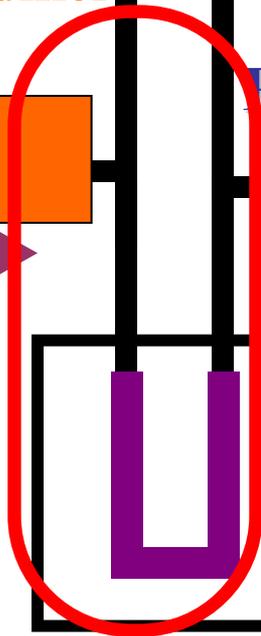
校正 実験	液シン法 (Bq/L)		Rn検出器 Qw	Qw/Qs
	原水Qs	排水		
①	9.6 ± 0.1	3.6 ± 0.1	9.1 ± 0.3	0.95
②	10.0 ± 0.1	3.5 ± 0.1	9.0 ± 0.3	0.90

測定装置(吸着・脱離)

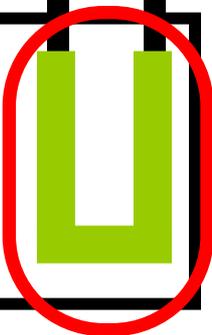
Opened to the atmosphere



Air flow



Copper filament



Active Carbon

Active Carbon Granula
粒状活性炭
片山化学

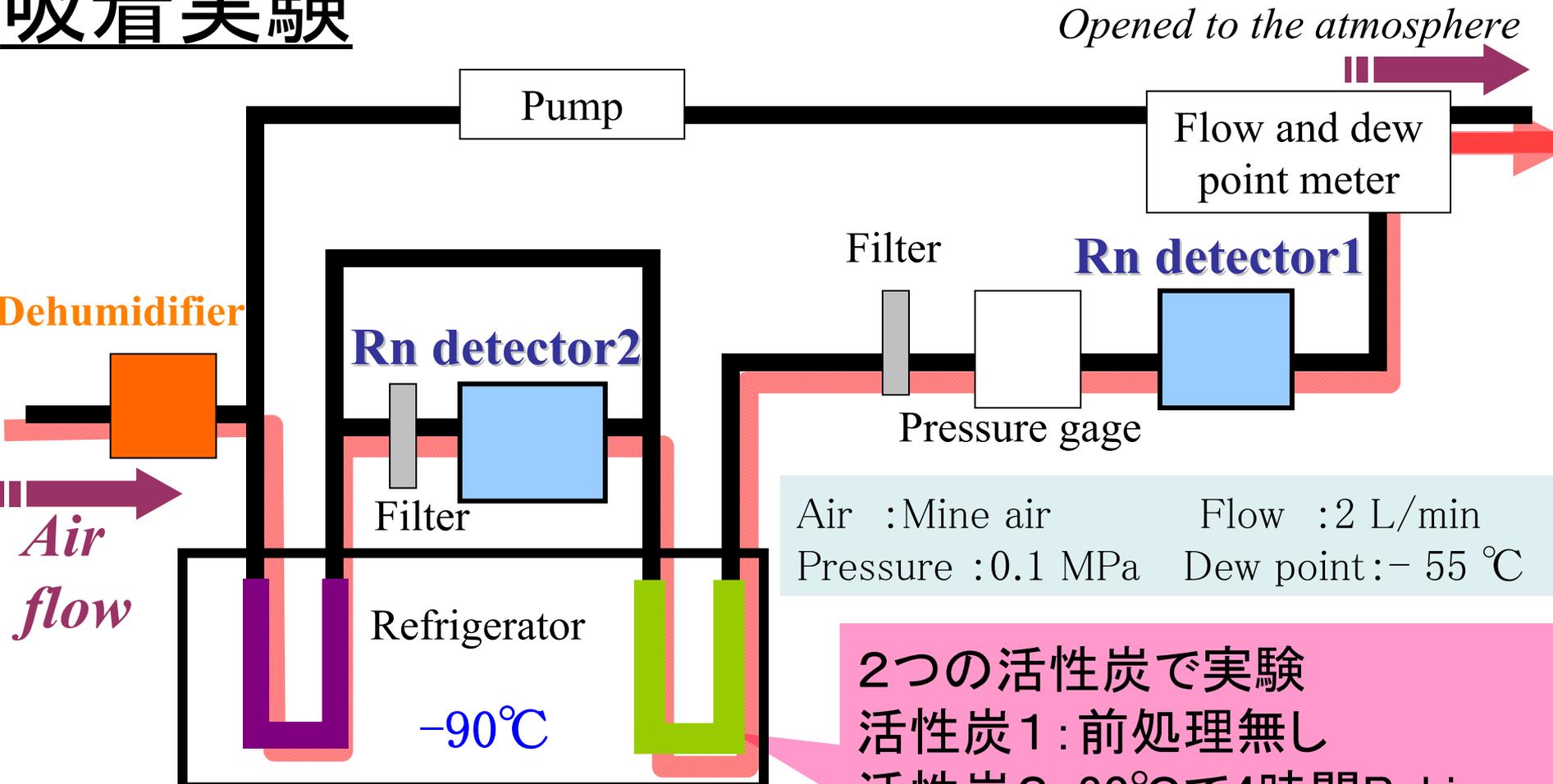
½"銅U字管
(活性炭24 g入り)

50 mm

330 mm

The complex block contains a photograph of black active carbon granules and a schematic of a U-tube assembly. The U-tube is labeled as a ½" copper U-tube containing 24g of active carbon. The vertical height of the granules in the tube is indicated as 50 mm, and the total height of the U-tube is 330 mm.

吸着実験



Air : Mine air Flow : 2 L/min
 Pressure : 0.1 MPa Dew point : - 55 °C

2つの活性炭で実験
 活性炭1 : 前処理無し
 活性炭2 : 80°Cで4時間Baking

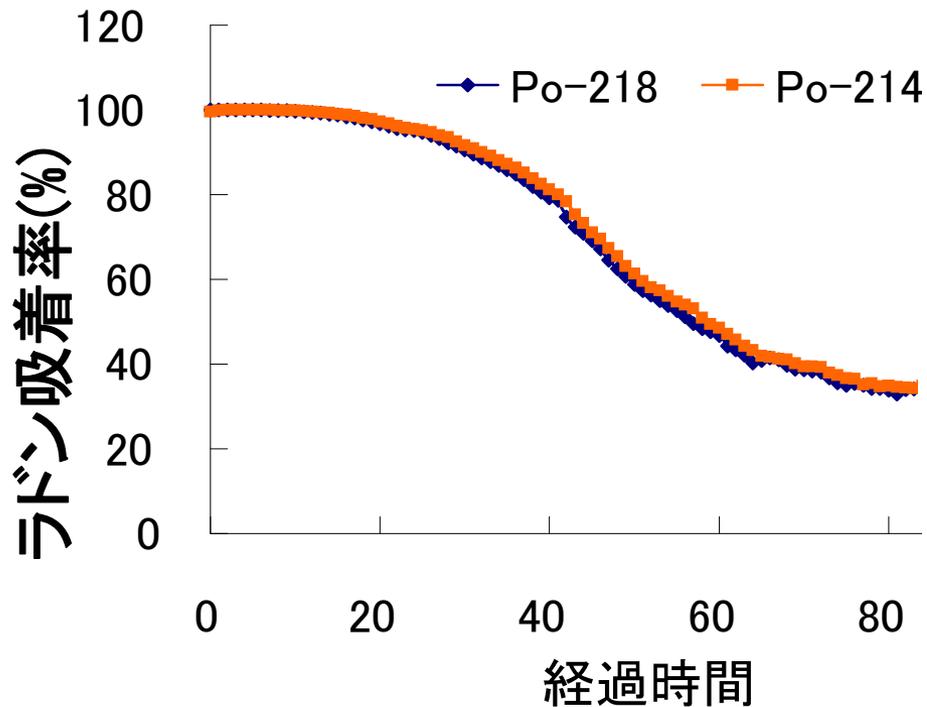
Rn吸着率算出式

$$E = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{CPH_1}{CPH_2 \cdot D}$$

- E : Rn吸着率
- Q_1 : 検出器1Rn濃度(Bq/m³)
- Q_2 : 検出器2Rn濃度(Bq/m³)
- CPH_1 : 検出器1Po-214計数(CPH)
- CPH_2 : 検出器2Po-214計数(CPH)
- D : 器差

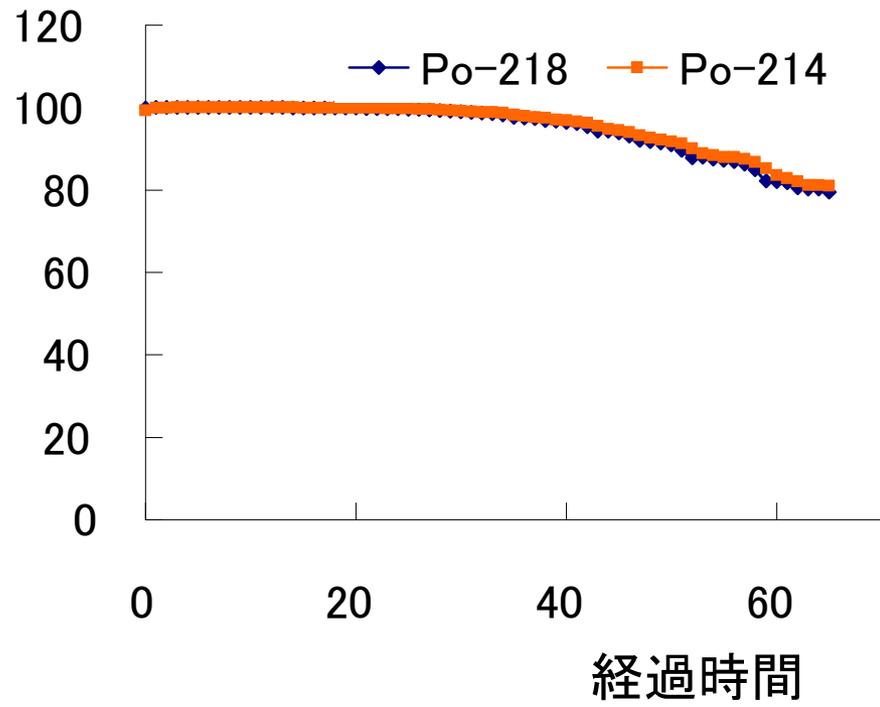
吸着実験 (Rn吸着率 冷却温度 -90°C)

活性炭1 (前処理なし)



99%以上 : 15 時間維持
90%以上 : 30 時間維持
80%以上 : 40 時間維持

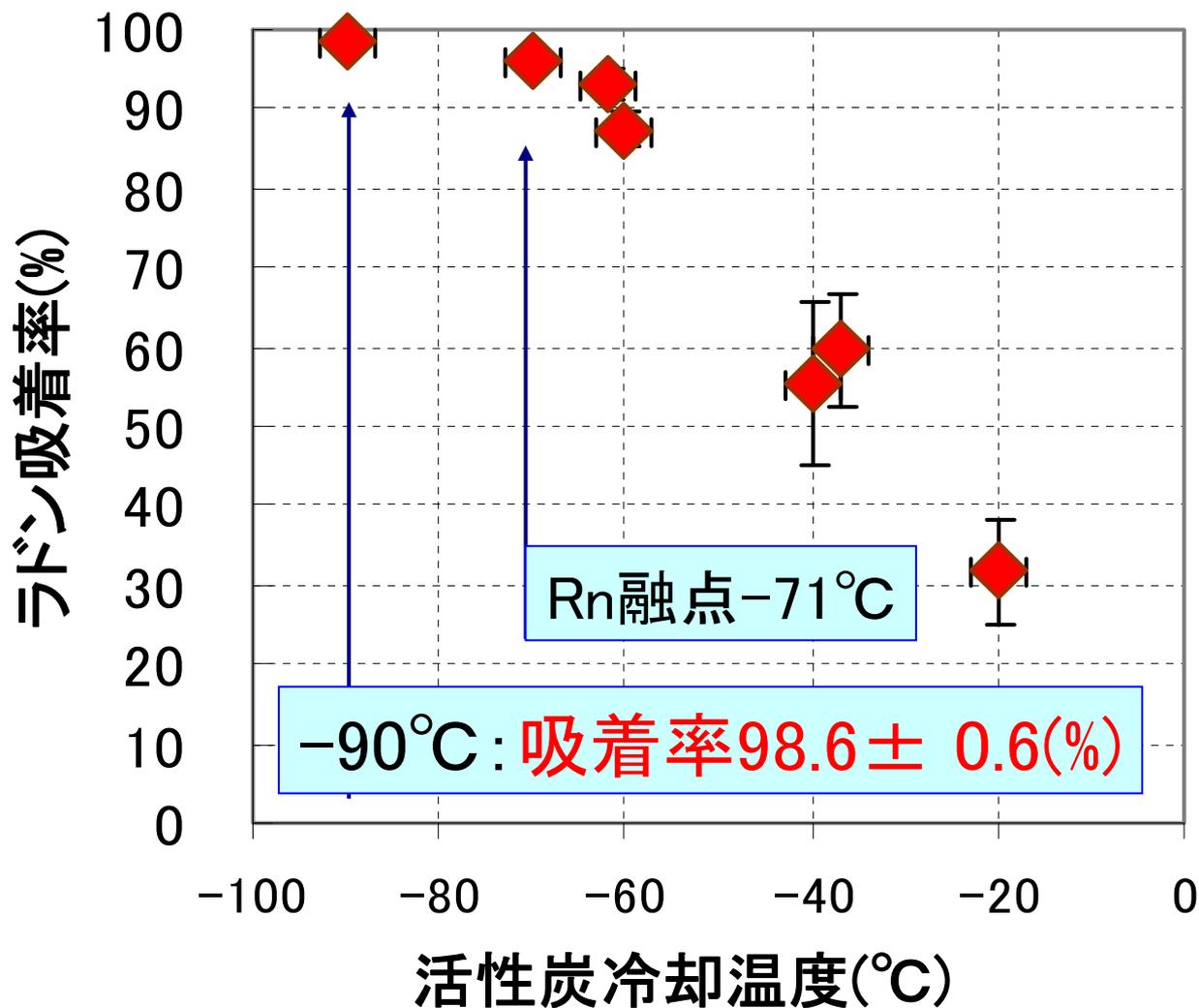
活性炭2 (80°Cで4時間Baking)



99%以上 : 28 時間維持
90%以上 : 50 時間維持
80%以上 : 60 時間維持

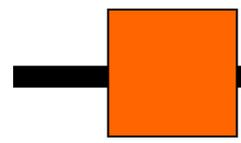
Bakingする事で活性炭のRn吸着性能が上がった

吸着実験まとめ(冷却温度 $-90\sim-20^{\circ}\text{C}$)



脱離実験

Dehumidifier

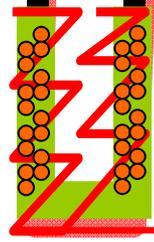


Pump

Flow and dew point meter

Rn detector2
Filter

Refrigerator
- 90 °C



ヒーターで+120°Cに加熱しながら循環

Heater

Filter

Pressure gage

Rn detector1

Copper filament Active Carbon

脱離率算出式

$$(1) Rn2 = \sum \left[Q_2 \cdot \frac{Fa \cdot 60}{1000} \cdot E \cdot \exp(-\lambda t) \right]$$

$$(2) Rn1 = Q_1 \cdot V1$$

$$(3) R = \frac{Rn1}{Rn2}$$

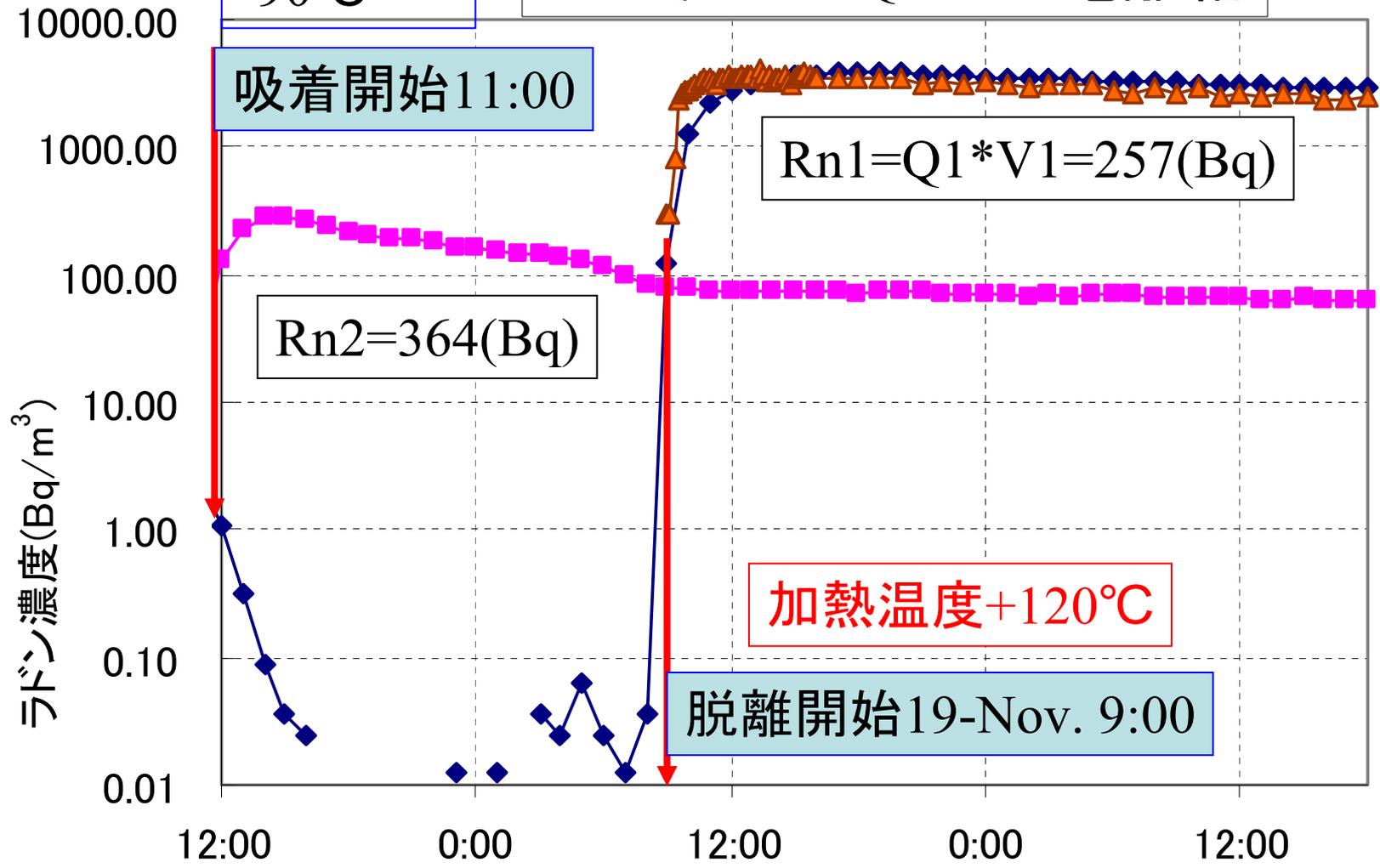
R: Rn脱離率 Fa: 流量(L/分) V1: 検出器1の体積(m³)

Rn1: 活性炭に吸着されたRn(Bq) Rn2: 検出器内のRn(Bq)

脱離実験

冷却温度
-90°C

◆ Q1 ■ Q2 ▲ 電離箱



- ① 加熱温度 +120°C : 脱離率 R=0.71
- ② 加熱温度 + 80°C : 脱離率 R=0.39

まとめ・今後の課題

まとめ

- ◆ **脱気** : 気液混合器を使用して試験実験を行った
 - RnFreeAir,水量 毎分 2 L
 - 液体シンチレーション法で校正試験 偏差 - 7 %
- ◆ **吸着** : - 90°C、24 gの条件において活性炭のRn吸着実験を行った
 - 活性炭の吸着率と吸着時間を確認
 - 活性炭をあらかじめBakingする事により、吸着性能の上昇を確認
- ◆ **脱離** : 活性炭に吸着されたRnの脱離実験を行った
 - 活性炭の加熱により吸着したRnを脱離させる事が可能
 - 脱離率は加熱温度+80°Cの時に39%、+120°Cの時に71%

今後の課題

- ◆ **脱気** :
 - 流量依存性能
- ◆ **脱離** :
 - 活性炭のRn脱離率向上
 - 脱離温度依存性
- ◆ **総合試験** :
 - 純水に適用